

НОВІ КОМПОЗИТНІ ПОСЛІДОВНОСТІ БАРКЕРА В СИСТЕМАХ З ПРЯМИМ РОЗШИРЕННЯМ СПЕКТРУ

Максимов В.В., Носков В.І., Храповицький І.А.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

E-mail: maksimov46@ukr.net, hrapovitskiy.igor@gmail.com

NEW COMPOSITE BARKER CODES IN SYSTEMS WITH DIRECT SPECTRUM SPREADING

Modeling in the MatLab software package showed the possibility of using new composite Barker codes as code words in direct spread spectrum systems.

На даний час широкосмугові сигнали (ШСС) знаходять застосування в сучасних багатоканальних системах зв'язку з кодовим поділом каналів (CDMA, WCDMA), в системах бездротового зв'язку сімейства 802.11 з технологією розширення спектра методом прямої послідовності (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS), в сучасних радіолокаційних системах. Найкращими кореляційними характеристиками з усіх ШПС володіють послідовності Баркера [1], основний викид АКФ яких дорівнює числу розрядів результуючої послідовності N , а максимальний бічний викид в позитивну область має значення 1. В [2] отримано 4 пари нових композитних послідовностей Баркера, а в [3] ще 28 нових пар, які мають ту ж саму АКФ, що і послідовності з [2]. В [4] досліджена можливість використання нових композитних послідовностей Баркера в якості синхросигналів і показана їх ефективність. В [5, 6] показана ефективність використання нових композитних послідовностей Баркера в якості синхросигналів в порівнянні з послідовностями Голда.

Метою даної роботи є дослідження нових композитних послідовностей Баркера в якості кодових слів в системах з прямим розширенням спектру. В якості кодових слів використовуються нові композитні коди Баркера 21а, 33а, 49, 77а, 121, а в якості сигналів синхронізації композитний код Баркера 121 і код Голда 127-1. Для синтезу кодів Голда 127 в програмі MATLAB R2015B бралися preferred polynomial (1) («переважний поліном») $'z^7+z^3+1'$ і відповідно preferred polynomial (2) $'z^7+z^3+z^2+1'$ з довільно обраним вихідним станом регістрів.

Моделювання режиму прийому ШПС. Схема моделі побудована в програмі MATLAB R2015B і має два блоки формувачів послідовностей синхроімпульсів (СІ) та кодових слів (як прямих (КС) так і інверсних (КСінв)). Генератор імпульсів керує перемикачем і по черзі направляє в канал імпульси синхронізації та кодові слова, утворюючи ШСС, який має наступні цикли: СІ-КСінв-КС-КСінв-КС-СІ-КС-КСінв-КС-КСінв-СІ-КС-... Сформований ШСС поступає на два ідентичні тракти прийому та обробки СІ і прийому та обробки КС та КСінв. Рівень білого Гаусового шуму, що додається до вхідного ШСС встановлюється параметром SNR [dB] блоку AWGN.

В тракці прийому та обробки СІ цифровий узгоджений фільтр ЦУФ-1 виділяє із суміші ШСС і шуму синхроімпульси, схильні до дії перешкод і шуму. На виході ЦУФ-1 утворюються як правильно прийняті СІ, так і імпульси помилкового спрацьовування.

Другий цифровий узгоджений фільтр ЦУФ-2 із ШСС без шумів та перешкод виділяє «еталонні» синхроімпульси. У схемі фіксації помилок із суміші правильних та хибних імпульсів виключаються правильно прийняті, що збігаються з «еталонними», залишаються тільки імпульси хибного спрацьовування, які підраховуються лічильником

помилки СІ. Кожен імпульс помилкового спрацювання через схему управління рівнем обмеження L_0 збільшує поріг обмеження до тих пір, поки шумові та хибні складові не будуть компенсовані. Рівень обмеження фіксується індикатором L_0 .

На рис. 1 наведено сигнали на виході тракту прийому та обробки СІ і КС (в якості прикладу взято СІ Gold127 - КС Bark21 і СІ Bark121 - КС Bark21). З рис. 1 видно, що структура циклу не порушена, прямі та інверсні КС чергуються. Також видно, що негативні викиди АКФ кодів інверсних слів стають позитивною завадою для прямих кодів слів.

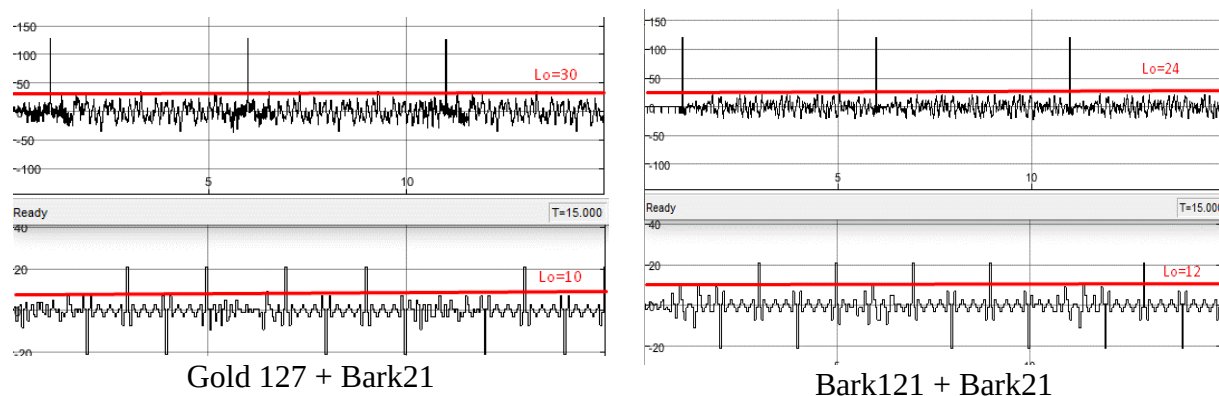


Рис. 1. Сигнали на виході тракту прийому та обробки синхроімпульсів і кодів слів.

Порівняння проводилося за критерієм відсотка втрат пікового значення АКФ при компенсації рівня шумів різних значень SNR (dB) (Signal-to-Noise Ratio). Ефективність різних видів кодів слів оцінювалася за критерієм втрати піку АКФ синхроімпульсу

$$P(\%) = L_0/A, \quad (1)$$

де L_0 - рівень порогу при безпомилковому прийомі, A - амплітуда імпульсу синхронізації, що дорівнює довжині коду.

Ефективність використання кодів слів при різних видах синхроімпульсів оцінювалася параметром

$$\Delta P_{KC}(\%) = P_{Bar/Bar}(\%) - P_{Bar/Gold}(\%), \quad (2)$$

де $P_{Bar/Bar}(\%)$ і $P_{Bar/Gold}(\%)$ - втрати виділення піку кодів слів при використанні в якості синхроімпульсів композитних кодів Баркера або кодів Голда.

Ефективність використання синхроімпульсів при різних кодових словах оцінювалася параметром

$$\Delta P_{CI}(\%) = P_{CI Bar/Bar}(\%) - P_{CI Bar/Gold}(\%), \quad (3)$$

де $P_{CI Bar/Bar}(\%)$ і $P_{CI Bar/Gold}(\%)$ - втрати виділення піку синхроімпульсу композитного коду Баркера або коду Голда при різних кодових словах.

На рис. 2, 3 наведено відповідні графіки втрат піків АКФ КС при СІ Gold 127 і Bark 121.

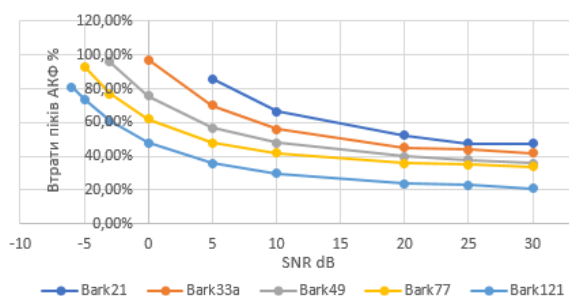


Рис. 2. Втрати піків АКФ КС при СІ Gold 127.

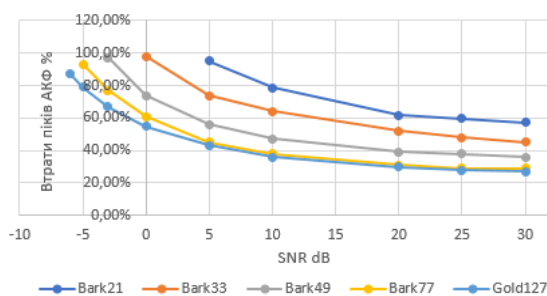


Рис. 3. Втрати піків АКФ КС при СІ Bark 121.

Висновки

1. Аналіз результатів моделювання показує, що нові композитні коди Баркера 21а, 33а, 49, 77а, 121 можуть бути використані в якості кодових слів в широкосмугових системах з прямим розширенням спектру.

2. При використанні композитних кодів Баркера 21а, 33а, 49, 77а, 121 в якості кодових слів їх не слід використовувати з композитними кодами в якості сигналів синхронізації. Так використання композитних кодів в якості кодових слів разом з синхроімпульсом Голд 127 виявилось більш ефективним ніж з синхроімпульсом Баркер 121, а саме:

- коди Баркера 21а в діапазоні зміни SNR ($5 \div 30$) dB більш ефективні на $(9,50 \div 11,9)\%$;
- коди Баркера 33а в діапазоні зміни SNR ($0 \div 30$) dB більш ефективні на $(1,0 \div 8,0)\%$;
- коди Баркера 49 в діапазоні зміни SNR ($-3 \div 30$) dB більш ефективні на $(0,0 \div 1,0)\%$;
- коди Баркера 77а в діапазоні зміни SNR ($-5 \div 30$) dB більш ефективні на $(0,0 \div -5,0)\%$;
- коди Баркера 121 в діапазоні зміни SNR ($-6 \div 30$) dB більш ефективні на $(5,0 \div 7,0)\%$.

3. Підтверджена ефективність використання композитних кодів Баркера в якості синхроімпульсів в порівнянні з кодами Голда при використанні композитних кодів Баркера в якості кодових слів.

4. Враховуючи, що не всі композитні коди розглядалися в даній роботі, бажано в якості кодових слів додатково розглянути композитні коди 21б, 33б, 49 (Nev2- Nev4), 77б,, 121 (Nev2- Nev4).

Література

1. Barker, R. H. "Group Synchronizing of Binary Digital Sequences". Communication Theory. London: Butterworth. pp. 273–287.
2. Maksymov V., Khrapovitsky I. Research of composite Barker codes // The scientific heritage, № 48 (2020), P.1, p.p. 15-22.
3. Максимов В.В., Храповицький И.А. Нові композитні коди Баркера // The scientific heritage, № 49 (2020), P.1, с.с. 29 – 35;
4. Volodymyr Maksimov, Ihor Khrapovitsky New composite Barker codes in the synchronization system of broadband signals // Information and Telecommunication Sciences, 2020, Number 2, p.p. 24-30.
5. Volodymyr V. Maksymov, Viktor K. Gatturov, Igor A. Khrapovitsky New composite Barker codes, Gold codes and Kasamisequences in broadband signal synchronization systems // Information and Telecommunication Sciences, 2022, Volume 14, Number 1, p.p. 14-21. ISSN 2312-4121.
6. Maksymov V., Noskov V., Khrapovitsky I. New composite codes of Barker and codes Gold in the synchronization system of broadband signals // The scientific heritage, № 94 (2022), P.1, p.p. 110-120.